



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 23 604 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 01 B 11/03
G 01 B 1/00

②1 Aktenzeichen: 100 23 604.9
②2 Anmeldetag: 15. 5. 2000
④3 Offenlegungstag: 29. 11. 2001

DE 100 23 604 A 1

⑦1 Anmelder:
Schott Glas, 55122 Mainz, DE

⑦4 Vertreter:
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

⑦2 Erfinder:
Jedamzik, Ralf, Dr., 64347 Griesheim, DE; Thomas,
Armin, 55270 Engelstadt, DE; Döhning, Thorsten,
Dr., 55128 Mainz, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 197 20 821 A1
DE 197 11 361 A1
DE 41 06 168 A1
DE 39 30 223 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Eindimensionales Kalibriernormal

⑤7 Die Erfindung betrifft ein eindimensionales Kalibrier-
normal für Koordinaten-Meßgeräte, insbesondere opti-
sche Koordinaten-Meßgeräte, sogenannte Laser-Tracker
mit
einem stabförmigen Kalibriermittel.
Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß
das stabförmige Kalibriermittel aus einem einzigen Mate-
rial besteht, das eine Wärmeausdehnung $< 5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ um-
faßt und,
daß das stabförmige Kalibriermittel mindestens zwei
Bohrungen in einem vorbestimmten kalibrierten Abstand
umfaßt, in die die Reflektionsmittel des optischen Meßge-
rätes oder die Kugeln zur Kalibrierung antastender Koor-
dinaten-Meßsysteme exakt und reproduzierbar einge-
bracht und wieder herausgenommen werden können, um
das Koordinaten-Meßgerät zu kalibrieren.

DE 100 23 604 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine eindimensionale Kalibriernormale für Koordinaten-Meßgeräte, insbesondere optische Koordinaten-Meßgeräte mit einem stabförmigen Kalibriermittel.

[0002] Bei optischen oder auch mechanischen Koordinaten-Meßmaschinen ist es notwendig, von Zeit zu Zeit die Meßgenauigkeit des Koordinaten-Meßplatzes zu überprüfen.

[0003] Für die Überprüfung gibt es in der Koordinaten-Meßtechnik verschiedene Arten von Kalibriernormalen. Die gängigsten eindimensionalen Kalibriernormale sind zum Beispiel Stufenendmaße. Zweidimensionale Kalibriernormale sind beispielsweise Kugelplatten, dreidimensionale Kalibriernormal für optische Koordinaten-Meßgeräte, insbesondere Laser-Tracker sind beispielsweise Tetraeder.

[0004] Für eine schnelle Überprüfung der Meßgenauigkeit sind daher eindimensionale Kalibriernormale besonders geeignet. Der Nachteil der derzeit erhältlichen eindimensionalen Kalibriernormale, beispielsweise der Stufenendmaße oder eines eindimensionalen Invar-Stabes, der verschraubt ist und an seinen zwei Enden Aufnehmer für die Reflektoren aufweist, liegt darin, daß diese Aufbauten aufgrund ihrer Materialkombination sehr umgebungssensitiv sind, insbesondere Meßfehler aufgrund von Längenänderungen bei Änderungen der Umgebungstemperatur auftreten.

[0005] Optische Koordinaten-Meßgeräte, insbesondere Laser-Tracker funktionieren nach dem folgenden Prinzip:

[0006] Die Meßstation des Koordinaten-Meßgerätes erzeugt einen Laserstrahl, der auf ein bewegliches Ziel gelenkt wird. Dieses Ziel ist beispielsweise ein Trippel-Spiegel, der in einem genau gefertigten Stahlgehäuse, beispielsweise einer Stahlkugel eingebaut ist. Eine derartige Anordnung wird nachfolgend als Reflektionsmittel bzw. als Reflektor bezeichnet. Der Durchmesser des kugelförmigen Reflektors beträgt in einer bevorzugten Ausführungsform 38,1 mm.

[0007] Der auf den Reflektor auftreffende Laserstrahl des Koordinaten-Meßgerätes wird vom Reflektor zur Meßstation zurückgeworfen. Die Meßstation des Koordinaten-Meßgerätes registriert die exakte Position des Trippel-Spiegels, der genau in der Mitte der Stahlkugel liegt. Aus dem Abstand sowie zwei Winkelwerten kann das optische Koordinaten-Meßinstrument bzw. der Laser-Tracker die Position des Reflektors auf 10 µm genau bestimmen.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, ein eindimensionales Kalibriernormal zur Verfügung zu stellen, das wenig umgebungssensitiv und besonders für Laser-Tracker geeignet ist.

[0009] Die erfindungsgemäße Aufgabe, ein eindimensionales Kalibriermittel insbesondere für optische Koordinaten-Meßgeräte zur Verfügung zu stellen, wird dadurch gelöst, daß das eindimensionale Kalibriernormal mit stabförmigen Kalibriermittel derart ausgestaltet ist, daß das stabförmige Kalibriermittel aus einem einzigen Material besteht, das eine Wärmeausdehnung $< 5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ aufweist und das stabförmige Kalibriermittel mindestens zwei Bohrungen in einem vorbestimmten kalibrierten Abstand aufweist, in den die Reflektionsmittel des optischen Koordinaten-Meßgerätes und/oder Kugeln zur Kalibrierung antastender Koordinaten-Meßgeräte exakt und reproduzierbar eingebracht und herausgenommen werden können, um das Meßgerät zu kalibrieren.

[0010] Die Wärmeausdehnung des Materiales für das stabförmige Kalibriermittel kann eine Wärmeausdehnung $< 5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, besonders bevorzugt $< 0,1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ aufweisen.

[0011] Besonders bevorzugt ist das Material eine Glaskeramik, insbesondere Zerodur (Markenbezeichnung der

Firma Schott Glas, Mainz).

[0012] Das stabförmige Kalibriermittel weist als Bohrungen bevorzugt Konusbohrungen auf. Um die Kugeln bzw. die kugelförmigen Reflektoren auch bei großen Schiefelagen des Kalibriernormal in den Konusbohrungen zu halten, ist in einer besonderen Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, einen Magnet unter jeder Konusbohrung anzuordnen. Diese Magnete können mit einer speziellen Klemmtechnik befestigt und bei Bedarf auch wieder demontiert werden.

[0013] Als Reflektionsmittel wird bevorzugt ein kugelförmiger Reflektor eingesetzt, der einen Trippel-Spiegel in einem genau gefertigten Stahlgehäuse umfaßt.

[0014] Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit können die Kugeln zur Kalibrierung antastender Systeme aus einem Material mit geringer Wärmeausdehnung, beispielsweise aus Invar gefertigt sein.

[0015] Neben der eindimensionalen Kalibriernormale stellt die Erfindung auch ein Verfahren zur Kalibrierung eines optischen Koordinaten-Meßgerätes, insbesondere Laser-Tracker mit einem erfindungsgemäßen eindimensionalen Kalibriermittel zur Verfügung. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß der kugelförmige Reflektor in einer ersten Bohrung der Kalibriernormale abgelegt wird, eine erste Position bestimmt wird und danach der Reflektor aus der ersten Bohrung entfernt wird. Sodann wird der Reflektor in eine zweite Bohrung eingebracht, wiederum die Position bestimmt und aus der zweiten Bohrung entfernt. Aus erster und zweiter Position wird der gemessene Abstand der Bohrungen ermittelt und mit dem zertifizierten Abstand verglichen. Aufgrund dieses Vergleiches wird das optische Koordinaten-Meßgerät, insbesondere der Laser-Tracker dann entsprechend kalibriert.

[0016] Desweiteren gibt die Erfindung auch ein Verfahren zur Kalibrierung eines antastenden Koordinaten-Meßgerätes zur Verfügung.

[0017] Bei einem derartigen Verfahren werden die Kugeln zur Kalibrierung antastender Koordinaten-Meßgeräte in die Bohrungen gelegt, das Koordinaten-Meßgerät tastet eine erste Kugel an, sodann wird deren Position bestimmt, in einem zweiten Schritt tastet das Koordinaten-Meßgerät eine zweite Kugel an; es wird eine zweite Position bestimmt. Aus erster und zweiter Position wird der gemessene Abstand der Bohrungen ermittelt und mit dem zertifizierten Abstand verglichen. Aufgrund dieses Vergleiches wird das antastende Koordinaten-Meßgerät dann entsprechend kalibriert.

[0018] Die Erfindung soll nachfolgend anhand der Figuren beispielhaft beschrieben werden.

[0019] Es zeigen:

[0020] Fig. 1 ein erfindungsgemäßes eindimensionales Kalibriernormal in dreidimensionaler Ansicht.

[0021] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes Kalibriernormal schematisch dargestellt. Das Kalibriernormal besteht aus einem Zerodur-Stab 1 mit quadratischem Profil 3. In den Zerodur-Stab 1 sind in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsform insgesamt drei konusförmige Bohrungen 5 eingelassen. Die Bohrungen sind so ausgelegt, daß eine Kugel oder ein kugelförmiger Reflektor mit 38,1 mm Durchmesser exakt und reproduziert plaziert werden kann.

[0022] Die Kugel oder der kugelförmige Reflektor 7 für optische Koordinaten-Meßgeräte, insbesondere Laser-Tracker, besteht vorteilhafter Weise aus rostfreiem Edelstahl und hat eine Durchmesser- und Rundheitsgenauigkeit von besser als 0,001 mm. Um die Meßgenauigkeit zu erhöhen, ist es besonders vorteilhaft, wenn die Kugeln 7 zur Kalibrierung antastender Koordinaten-Meßgeräte aus Invar hergestellt sind, da dieses Material sich durch einen sehr geringen Temperatureausdehnungskoeffizienten auszeichnet. Um auch bei großer Schiefelage des Kalibriernormal 1 die Kugeln bzw. kugelförmigen Reflektoren zu halten, ist in einer besonderen Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, einen Magnet unter jeder Konusbohrung anzuordnen. Diese Magnete können mit einer speziellen Klemmtechnik befestigt und bei Bedarf auch wieder demontiert werden.

förmigen Reflektoren 7 in den Konusbohrungen 5 zu halten, sind unterhalb jeder Konusbohrung 5 Magnete 9 vorgesehen. Die Magnete sind mit einer speziellen Klemmtechnik befestigt und können bei Bedarf auch wieder demontiert werden.

[0023] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, die vorliegend nicht dargestellt ist, hat das Kalibriernormal 1 eine Länge von 110 mm und eine Breite von 60 mm, wobei in ein derartiges Kalibriernormal insgesamt sechs konusförmige Bohrungen anstelle der in Fig. 1 dargestellten drei Bohrungen eingelassen sind. Auch diese Bohrungen sind so ausgelegt, daß eine Kugel oder ein kugelförmiger Reflektor in den Bohrungen exakt und reproduzierbar plaziert werden kann.

[0024] Um das Kalibriernormal zur Kalibrierung bzw. Eichung von Koordinaten-Meßgeräten einsetzen zu können, müssen zunächst die Abstände zwischen den Bohrungen genau bestimmt und zertifiziert werden. Dies geschieht beispielsweise durch den Einsatz der Kugeln 7 für antastende Koordinaten-Meßgeräte in die einzelnen Bohrungen und deren Abtasten. Aufgrund dieser Messungen wird dann das Kalibriernormal beispielsweise durch die PTB, Braunschweig, zertifiziert. Um nun eine Genauigkeitsüberprüfung eines optischen Koordinaten-Meßsystems, beispielsweise eines Laser-Trackers, vornehmen zu können, wird das Kalibriernormal in einer definierten Entfernung und Lage zum optischen Koordinaten-Meßgerät, beispielsweise dem Laser-Tracker, aufgebaut. Der kugelförmige Reflektor wird zunächst in die erste der beispielsweise sechs Meßpositionen, die durch die Konusbohrungen repräsentiert werden, gesetzt und mit Hilfe des optischen Koordinaten-Meßsystems die Position vermessen. Genauso wird mit den weiteren Meßpositionen bzw. Bohrungen verfahren. Am Ende dieses Meßzyklusses werden die Abstände der Meßpositionen ermittelt und mit den zertifizierten Werten verglichen. Auf diese Art und Weise läßt sich die Genauigkeit des jeweiligen Koordinaten-Meßgerätes, insbesondere des Laser-Tracker überprüfen.

[0025] Durch die Verwendung von Zerodur als Material für das stabförmige Element 1 und die Festlegung der Meßpositionen für die Reflektoren durch Einbringen von Bohrungen in das Vollmaterial Zerodur wird eine hohe Temperaturstabilität erreicht, insbesondere werden Meßfehler durch Längenänderungen aufgrund des sehr geringen Ausdehnungskoeffizienten von Zerodur (Markenname der Firma Schott Glas) vermieden. Dadurch, daß der kugelförmige Reflektor oder die Kugel 7 direkt mit dem Zerodur in Kontakt steht, wird der Einfluß anderer Materialien vermieden. Das erfindungsgemäße Kalibriernormal zeichnet sich des weiteren durch eine sehr einfache Handhabung aus, indem beim vorliegenden Kalibriernormal der Reflektor in die jeweiligen Konusbohrungen gesetzt wird, sodann die Position des Reflektors mit hoher Reproduzierbarkeit bestimmt wird und anschließend der kugelförmige Reflektor aus der Konusbohrung entnommen wird.

[0026] Selbstverständlich wäre es möglich, ohne von der Erfindung abzuweichen, das Kalibriernormal mit anderen geometrischen Abmessungen oder einer anderen Anzahl von Konusbohrungen auszuführen. Des weiteren sind die Konusbohrungen selbstverständlich immer auf die jeweiligen Reflektortypen abzustellen, beispielsweise wenn diese keine runde Form aufweisen.

Patentansprüche

1. Eindimensionales Kalibriernormal für Koordinaten-Meßgeräte, insbesondere optische Koordinaten-Meßgeräte, sogenannte Laser-Tracker mit

1.1 einem stabförmigen Kalibriermittel (1), dadurch gekennzeichnet, daß

1.2 das stabförmige Kalibriermittel (1) aus einem einzigen Material besteht, das eine Wärmeausdehnung $< 5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ umfaßt und,

1.3 daß das stabförmige Kalibriermittel (1) mindestens zwei Bohrungen (5) in einem vorbestimmten kalibrierten Abstand umfaßt, in die die Reflektionsmittel des optischen Meßgerätes oder die Kugeln zur Kalibrierung antastender Koordinaten-Meßsysteme exakt und reproduzierbar eingebracht und wieder herausgenommen werden können, um das Koordinaten-Meßgerät zu kalibrieren.

2. Eindimensionales Kalibriernormal gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Material eine Wärmeausdehnung $< 2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ umfaßt.

3. Eindimensionales Kalibriernormal gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Material eine Wärmeausdehnung $< 0,1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ umfaßt.

4. Eindimensionales Kalibriernormal gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Material eine Glaskeramik, insbesondere Zerodur ist.

5. Eindimensionales Kalibriernormal gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrungen Konusbohrungen (5) sind.

6. Eindimensionales Kalibriernormal gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb der einzelnen Bohrungen Magneteinrichtungen (9) angeordnet sind.

7. Eindimensionales Kalibriernormal gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektionsmittel für die optischen Koordinaten-Meßgeräte kugelförmige Gestalt aufweisen.

8. Verfahren zur Kalibrierung eines optischen Koordinaten-Meßgerätes, insbesondere Laser-Tracker, mit einem eindimensionalen Kalibriernormal gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend nachfolgende Schritte:

8.1 die Reflektionsmittel werden in einer ersten Bohrung der Kalibriernormale abgelegt, eine erste Position mit Hilfe des optischen Koordinaten-Meßgerätes bestimmt und sodann aus der ersten Bohrung entfernt

8.2 die Reflektionsmittel werden in einer zweiten Bohrung der Kalibriernormalen abgelegt, eine zweite Position mit Hilfe des optischen Koordinaten-Meßgerätes bestimmt und aus der Bohrung entfernt

8.3 aus der ersten bestimmten Position und der zweiten bestimmten Position wird der Abstand der Bohrungen ermittelt, mit dem zertifizierten Abstand verglichen und das optische Koordinaten-Meßgerät aufgrund dieses Vergleiches kalibriert.

9. Verfahren zur Kalibrierung eines antastenden Koordinaten-Meßgerätes mit einem eindimensionalen Kalibriernormal gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend nachfolgende Schritte:

9.1 die Kugeln (7) werden in die Bohrungen (5) gelegt;

9.2 das Koordinaten-Meßgerät tastet eine erste Kugel an, sodann wird eine erste Position bestimmt;

9.3 das Koordinaten-Meßgerät tastet eine zweite Kugel an, sodann wird eine zweite Position bestimmt;

9.4 aus erster und zweiter Position wird der Ab-

stand der Bohrungen ermittelt, mit dem zertifizierten Abstand verglichen und das abtastende Koordinaten-Meßgerät aufgrund dieses Vergleiches kalibriert.

10. Verwendung einer eindimensionalen Kalibriernormalen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 als Kalibriernormale für optische Koordinaten-Meßgeräte, insbesondere Laser-Tracker.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

